

REC'D 08 DEC 2003

WIPO PCT



PCT/DE03/03299

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 00 204.9

Anmeldetag: 08. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Klopferkennung

IPC: G 01 L, F 02 P, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Werner

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

30.12.02 Bb/Bo

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Klopferkennung

Stand der Technik

15

20

30

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren bzw. einer Vorrichtung nach der Gattung der unabhängigen Patentansprüche. Aus der DE 4027354 ist bereits ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Klopferkennung bekannt, bei dem in einem Messfenster während eines Verbrennungsvorgangs in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine ein Messsignal eines Klopfsensors untersucht wird. Die Untersuchung erfolgt dahingehend, ob die Verbrennung klopfend erfolgte oder nicht. Unter einer klopfenden Verbrennung im Zylinder einer Brennkraftmaschine wird ein unkontrollierter Verbrennungsprozess bezeichnet, insbesondere ein Verbrennungsprozess, bei dem es nicht zu einer kontrollierten Entzündung des Verbrennungsgemisches durch einen Zündfunken, sondern zu einer Selbstentzündung kommt. Bei einer solchen klopfenden Verbrennung treten in einzelnen Teilen des Brennraums unzulässig hohe Drücke oder Temperaturen auf und es besteht die Gefahr einer Beschädigung der Brennkraftmaschine. Sinn und Zweck eines Verfahrens bzw. einer Vorrichtung zur Klopferkennung ist daher die Brennkraftmaschine in einem Betriebsbereich zu betreiben, in dem klopfende Verbrennungen vermieden werden. Auf der anderen Seite ist ein Betrieb möglichst nahe an diesem Bereich der klopfenden Verbrennung wünschenswert, da dort der Brennprozess besonders ökonomisch und sauber erfolgt.

Vorteile der Erfindung

35

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Klopferkennung mit dem Merkmal der unabhängigen Patentansprüche haben dem

gegenüber den Vorteil, dass die Genauigkeit der Klopferkennung verbessert wird. Insbesondere wird so ermöglicht, dass einzelne Ereignisse, die während des Verbrennungsvorgangs auftreten, nicht fälschlicherweise als Klopfsignal gewertet werden. Besonders vorteilhaft ist dies bei direkt einspritzenden Benzinmotoren, da dort während des Verbrennungsprozesses Ventile und dergleichen betätigt werden und dadurch Störgeräusche erzeugt werden, die die Klopferkennung verschlechtern. Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren auch, wenn der Zylinder der Brennkraftmaschine mit einem Kolben betrieben wird, der einen hohen Schwerpunkt aufweist (kopflastiger Kolben). Bei derartigen Kolben kommt es im Bereich des oberen Totpunktes zu einer Kippbewegung, die ebenfalls zu Störgeräuschen führt.

Weiterbildungen und Verbesserungen ergeben sich durch die Merkmale der abhängigen Patentansprüche. Eine besonders sichere Entscheidung über das Vorliegen einer klopfenden oder nicht klopfenden Verbrennung kann gefällt werden, wenn 3 Fenster untersucht werden, von denen bei mindestens 2 Fenster die Verbrennung als klopfend erkannt werden müssen. Die zeitliche Breite der Fenster kann dabei fest vorgegeben werden oder aber variabel ausgelegt sein. Bei der variablen Auslegung ist es besonders vorteilhaft, eine Drehzahlabhängigkeit vorzusehen, um den größeren Veränderungen der Verbrennung bei hohen Drehzahlen Rechnung zu tragen. Weiterhin können auch Lücken zwischen den Fenstern vorgesehen werden, insbesondere wenn an einer zeitlich vorhersehbaren Stelle ein Störsignal auftritt.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 den Verlauf eines Messsignals,

Figur 2 schematisch eine Vorrichtung zur Klopferkennung.

Beschreibung

In Brennräumen von Verbrennungsmotoren können anormale Verbrennungsvorgänge auftreten, die als Klopfen bezeichnet werden. Dieses Klopfen resultiert aus einer Selbstentzündung des brennbaren Gemischs, welches noch nicht von der Flammenfront, die sich von der Zündkerze ausbreitet, erfasst sind. Bei einem derartigen Klopfen kommt es in einzelnen Stellen des Brennraums zu starkem Druck oder Temperaturspitzen, die eine Beschädigung des Zylinders oder Kolbens verursachen können. Die Häufigkeit derartiger klopfender Verbrennungen hängt vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine ab. Trotz der Neigung zu klopfender Verbrennung ist ein Betrieb in diesem Bereich wünschenswert, da dort die Verbrennung besonders wirkungsvoll und schadstoffarm erfolgt. Das Klopfereignis stellt sich als Druckschwingungen im Zylinder dar, die im weiteren Verlauf des Brennprozesses abklingen. Klopfen tritt somit nicht nur zu einem einzelnen definierten Zeitpunkt auf, sondern stellt sich als eine Schwingung dar, die in einem Zeitraum beobachtbar ist. Die Beobachtung erfolgt durch Klopfensensoren, die ein Signal, welches sich von den Druckschwankungen im Zylinder ableitet, nachweisen.

Übliche Klopfensensoren sind beispielsweise als Körperschallsensoren ausgebildet, d.h. als Beschleunigungssensoren, die am Motorblock befestigt sind. Durch die Druckspitzen in den Brennräumen werden Schallwellen im Motorblock erzeugt, die von diesen Beschleunigungssensoren nachgewiesen werden. Weiterhin sind auch Klopfensensoren bekannt, die unmittelbar ein Drucksignal aus dem Verbrennungsraum ableiten. Insbesondere bei Körperschallsensoren können auch andere Ereignisse zu einem Signal führen. Dazu sind alle Ereignisse geeignet die ein Körperschallsignal im Motorblock erzeugen, wie beispielsweise Schalten von Ventilen oder dergleichen.

In der Figur 1 wird exemplarisch ein Signal eines Klopfensors, beispielsweise eines Beschleunigungssensors oder Drucksensors gezeigt. Die Intensität dieses Signals ist auf der Achse B abgetragen. Auf der Achse A ist der zeitliche Verlauf aufgetragen. In der Figur 1 ist auf der Achse A die Zeit aufgetragen. Alternativ könnte hier auch der Kurbelwellenwinkel aufgetragen sein. In dem Diagramm nach Figur 1 wird somit die Intensität des Messsignals im zeitlichen Verlauf dargestellt. Wie in der Figur 1 zu erkennen ist, stellt sich das Klopfsignal als eine unregelmäßige Schwingung dar, wobei es im zunehmenden zeitlichen Verlauf an Intensität abnimmt.

In der Figur 1 ist ein klopfendes Signal dargestellt, d.h. die Intensitätsschwankungen sind relativ hoch. Bei einem nicht klopfenden Signal wären die Intensitätsschwankungen deutlich geringer.

5 Weiterhin sind in der Figur 1 mehrere zeitliche Fenster 11, 12, 13 eingetragen, die jeweils für sich ein Messfenster darstellen. In jedem dieser Messfenster wird das Klopfsignal dahingehend untersucht, ob es sich um eine klopfende Verbrennung handelt oder nicht. Der in der Figur 1 dargestellte Signalverlauf stellt das Klopfsignal eines einzelnen Verbrennungsprozesses dar. Für die Untersuchung, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht, wird üblicherweise ein vorgegebenes zeitliches Messfenster vorgegeben. Um 10 das Signal so stark wie möglich werden zu lassen, ist dabei ein möglichst langer Messbereich von Interesse, d.h. üblicherweise werden die gezeigten Messfenster 11, 12, 13 gemeinsam betrachtet, um ein Gesamtsignal zu bilden. Anhand dieses Gesamtsignals wird danach beurteilt, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht. Die Länge dieses 15 Gesamtbereichs wird üblicherweise so lang bemessen, wie noch sinnvollerweise ein Klopfsignal nachweisbar ist. Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, den sinnvollen Messbereich weiter zu unterteilen, insbesondere in mehr Fenster 11, 12, 13. Innerhalb jedes dieser einzelnen Fenster 11, 12, 13 wird dann separat bestimmt, ob es zu einer klopfenden Verbrennung gekommen ist oder nicht. Durch einen Vergleich der so 20 gefundenen Ergebnisse wird dann ein Endergebnis gebildet, welche eine Aussage dahingehend enthält, ob es zu einer klopfenden Verbrennung gekommen ist oder nicht. Wenn wie in der Figur 1 drei Fenster 11, 12, 13 für die Messung vorgesehen sind, ist es vorteilhaft, ein Klopfereignis nur dann festzustellen, wenn in wenigstens 2 der 3 Fenster 11, 12, 13 eine klopfende Verbrennung festgestellt wurde. Durch diese Vorgehensweise kann so die Klopferkennung verbessert werden. Insbesondere können einzelne starke Signale, die nur in einem der Fenster 11, 12, 13 auftreten, als unplausibel verworfen werden. Wie in der Beschreibung des Standes der Technik erwähnt, können derartige einzelne Signale dadurch auftreten, dass zusätzliche Ereignisse in der 30 Brennkraftmaschine erfolgen. Ein derartiges Ereignis kann beispielsweise das Schließen eines Einspritzventils bei einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine sein. Weiterhin können bei kopflastigen Kolben in der Nähe des oberen Totpunktes Kippbewegungen erfolgen, die ebenfalls während des Verbrennungssignals zu einem einzelnen starken Impuls des Klopfsignals führen können. Ein derartiges einzelnes Ereignis wirkt sich aber nur zu einem einzelnen Zeitpunkt während des Verbrennungsverlaufs aus, d.h. es kommt 35 auch nur in einem einzelnen Fenster zu einem entsprechenden Signal. Die Intensität

dieser Signale kann jedoch sehr hoch sein, so dass bei einer Gesamtbetrachtung über alle drei Fenster hinweg fälschlicherweise auf ein Klopfsignal geschlossen würde.

In der Figur 2 wird exemplarisch eine Vorrichtung zur Verarbeitung von Klopfsignalen gezeigt. Die Vorrichtung zur Verarbeitung von Klopfsignalen 1 hat mehrere Eingänge, denen jeweils die Signale von mehreren Klopfsensoren 2 zugeführt werden. Bei dieser Mehrzahl von Klopfsensoren 2 kann es sich beispielsweise um Körperschallsensoren handeln, die beispielsweise als piezoelektrische Beschleunigungssensoren ausgeführt sind. Die Klopfsensoren 2 sind unterschiedlichen Zylindern zugeordnet und am Motorblock an Stellen befestigt, an denen sie die Signale der betreffenden Zylinder gut empfangen können. Eine Anordnung wie in Figur 2 mit zwei Klopfsensoren 2 ist beispielsweise gut für die Messung von Klopfsignalen an einem Vierzylindermotor geeignet. Da die Verbrennungen nicht zeitgleich sondern nacheinander erfolgen, können die Signale der einzelnen Klopfsensoren nacheinander von der Vorrichtung zur Klopfkennung 1 verarbeitet werden. Dazu werden die Signale der Klopfsensoren 2 der Vorrichtung zur Klopfkennung 1 zugeführt. Durch einen Multiplexer 3 werden diese an den Eingängen anliegenden Signale entsprechend von den Eingängen, die den unterschiedlichen Klopfsensoren 2 zugeordnet sind, abgegriffen. Nach dem Multiplexer 3 ist eine Verstärkungsstufe 4 angeordnet, in der eine Verstärkung der Klopfsignale erfolgt. Der Verstärkungsstufe 4 nachgeordnet ist ein Filter 5. Der Filter 5 ist als Bandpassfilter ausgebildet, da Klopfsignale nur in einem bestimmten Frequenzbereich auftreten. Das Ausgangssignal des Filters 5 wird einem Gleichrichter 6 zugeführt, in dem eine Gleichrichtung der Signale erfolgt. Dieser Gleichrichter ist erforderlich, da die Klopfsignale beide Vorzeichen aufweisen können und nur die absolute Intensität von Interesse ist. Dem Gleichrichter 6 nachgeordnet ist ein Integrator 7, in dem die gleichgerichteten Signale über einen vorgegebenen Zeitraum aufintegriert werden. Das so aufintegrierte Signal ist ein Maß für die Klopfintensität und wird von der Vorrichtung zur Klopfkennung ausgegeben. In einer anderen Einheit beispielsweise am Steuergerät, welches hier nicht dargestellt ist, wird dann dieser aufintegrierter Wert für die Klopfintensität mit einem Referenzwert verglichen.

Üblicherweise erfolgt die Aufintegration in dem Integrator 7 über den gesamte Zeitraum, d.h. für jeden Verbrennungsprozess wird der gesamte Zeitraum betrachtet, in dem Klopfsignale auftreten können. Erfindungsgemäß wird nun der Integrator 7 so angesteuert, dass statt eines aufintegrierten Signals über den gesamten Zeitraum

nacheinander 3 unterschiedliche Signale, die jeweils eine Aufintegration in den Fenstern 11, 12 und 13 entspricht ausgegeben werden. Diese werden dann jeweils für sich mit Referenzwerten verglichen und es wird durch den Vergleich mit dem Referenzwert festgestellt, ob ein klopfender Verbrennungsprozess in dem betreffenden Fenster 11,12,13 vorliegt oder nicht. Die Referenzwerte, mit denen die aufintegrierten Signale für die einzelnen Fenster 11, 12, 13 verglichen werden, können dabei unterschiedlich ausgestaltet sein und sich insbesondere in ihrer Höhe unterscheiden. Es werden somit 3 Signale erzeugt, die jeweils für sich ein Maß für die Klopfintensität darstellen und die jeweils dahingehend ausgewertet werden, ob Klopfen vorliegt oder nicht. Durch diese Vorgehensweise können insbesondere einzelne Ereignisse, die nur zu einer Erhöhung des Klopfsignals in einem der Fenster 11, 12, 13 führen, zuverlässig als Signalanteile erkannt werden, die nicht auf Klopfen beruhen. Typisch für klopfende Verbrennungen ist, dass in allen 3 Fenstern ein Klopfen festgestellt wird.

In der Beschreibung zu Figur 1 wurde davon ausgegangen, dass die Fenster 11, 12, 13 als Zeiträume definiert sind. Diese Zeiträume können fest vorgegebenen sein, d.h. es wird für jeweils vorgegebene Zeiträume 11, 12, 13 das Signal aufintegriert. Dies hat den Vorteil, dass es besonders einfach ist. Die zeitliche Länge dieser Fenster 11, 12, 13 können jedoch auch variabel ausgestaltet sein, insbesondere ist es auch möglich, die zeitliche Länge dieser Messfenster drehzahlabhängig auszubilden. Dabei würde insbesondere bei höheren Drehzahlen die zeitliche Länge jedes dieser Fenster 11, 12, 13 kürzer ausgelegt, da aufgrund der schnelleren Bewegung des Kolbens auch die Verbrennungsprozesse schneller ablaufen.

Weiterhin können die Fenster 11, 12, 13 nicht als Zeiträume, sondern als Kurbelwellenwinkel definiert werden. Dies bedeutet, dass in der Figur 1 die Achse A keine Zeitachse sondern eine Kurbelwellenwinkelachse wäre. In diesem Fall wäre es allerdings nicht erforderlich, eine Verkürzung der Fenster in Abhängigkeit von einer steigenden Drehzahl vorzusehen, da diese durch die Definition der Fenster 11, 12, 13 jeweils als Bereiche der Kurbelwelle bereits berücksichtigt ist.

In der Figur 1 ist die zeitliche Länge der Fenster 11, 12, 13 jeweils gleich groß dargestellt. Sofern es erforderlich und sinnvoll ist, können die zeitlichen Längen dieser Messfenster auch unterschiedlich ausgestaltet sein. Insbesondere das zeitlich weit nach dem Verbrennungsbeginn liegende Fenster 13, bei dem die Signalintensitäten bereits

deutlich abgesunken ist, könnte zur Erzielung eines größeren Messsignals länger ausgebildet sein.

5 Weiterhin könnte festgestellt werden, dass in einem der Fenster 11, 12, 13 immer ein Klopfereignis festgestellt wird. Besonders gravierend ist dies, wenn von dem Motorsteuergerät die Brennkraftmaschine in einem Bereich betrieben wird, in dem eigentlich kein Klopfen zu erwarten ist. In so einem Fall könnte dann darauf geschlossen werden, dass es sich hier um ein Signal handelt, welches keine Ursache im Klopfen hat. 10 Durch weitere Messungen könnte dann bestimmt werden, wo dieses Signal immer auftritt und es könnten die Messfenster 11, 12, 13 so gelegt werden, dass nicht zu den Zeiten gemessen wird, in denen immer das fehlerhafte Signal auftritt. Es könnten sozusagen auch Lücken im Messbereich vorgesehen werden, d.h. beispielsweise zwischen dem Fenster 11 und 12 wird ein Zeitbereich vorgesehen, in dem nicht versucht wird, ein Klopfsignal zu messen. Durch diese Maßnahme können regelmäßig auftretende 15 Störgeräusche wie beispielsweise das Öffnen oder Schließen eines Einspritzventils für den Zweck der Bestimmung eines Klopfens in der Brennkraftmaschine ausgeblendet werden.

30.12.02 Bb/Bo

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Patentansprüche

15

1. Verfahren zur Klopferkennung, bei dem bei einer Verbrennung in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine ein Messsignal eines Klopfensors (2) dahingehend ausgewertet wird, ob die Verbrennung klopfend erfolgt oder nicht, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsignal in mehrere zeitliche Fenster (11, 12, 13) unterteilt wird, dass für jedes Fenster (11, 12, 13) untersucht wird, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht und dass das Ergebnis der mehreren Fenster (11, 12, 13) für die endgültige Beurteilung, ob die Verbrennung klopfend erfolgte oder nicht, miteinander verglichen werden.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennung endgültig als klopfend beurteilt wird, wenn in einer Mehrzahl der mehreren Fenster (11, 12, 13) eine klopfende Verbrennung erkannt wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 3 Messfenster (11, 12, 13) vorgesehen sind und dass die Verbrennung endgültig als klopfend beurteilt wird, wenn in mindestens zwei der Fenster (11, 12, 13) eine klopfende Verbrennung erkannt wird.

35

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Fenster (11, 12, 13) fest vorgegeben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Fenster in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine verändert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fenster (11, 12, 13) als Zeitbereich oder Winkelbereich definiert sind.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Fenstern (11, 12, 13) Lücken vorgesehen sind, und dass in den Lücken keine Untersuchung erfolgt, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht.
- 10 8. Vorrichtung zur Klopferkennung, bei der bei einer Verbrennung in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine ein Messsignal eines Klopfensors (2) dahingehend ausgewertet wird, ob die Verbrennung klopfend erfolgt oder nicht, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsignal in mehrere zeitliche Fenster (11, 12, 13) unterteilt wird, dass für jedes Fenster (11, 12, 13) untersucht wird, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht und dass das Ergebnis der mehreren Fenster (11, 12, 13) für die endgültige Beurteilung, ob die Verbrennung klopfend erfolgte oder nicht, miteinander verglichen werden.
- 15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennung endgültig als klopfend beurteilt wird, wenn in einer Mehrzahl der mehreren Fenster (11, 12, 13) eine klopfende Verbrennung erkannt wird.
- 20 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 3 Messfenster (11, 12, 13) vorgesehen sind und dass die Verbrennung endgültig als klopfend beurteilt wird, wenn in mindestens zwei der Fenster (11, 12, 13) eine klopfende Verbrennung erkannt wird.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Fenster (11, 12, 13) fest vorgegeben wird.
- 30 12. Vorrichtung nach Anspruch 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Fenster in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine verändert wird.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fenster (11, 12, 13) als Zeitbereich oder Winkelbereich definiert sind.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Fenstern (11, 12, 13) Lücken vorgesehen sind, und dass in den Lücken keine Untersuchung erfolgt, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht.

30.12.02 Bb/Bo

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Klopferkennung

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Klopferkennung vorgeschlagen, bei dem bei einer Verbrennung in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine ein Messsignal eines Klopfensors 2 dahingehend ausgewertet wird, ob die Verbrennung klopfend erfolgte oder nicht. Das Messsignal ist in mehrere Fenster 11, 12, 13 unterteilt und in jedem Fenster 11, 12, 13 wird untersucht, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht. Für eine endgültige Beurteilung, ob die Verbrennung klopfend war oder nicht, werden die Ergebnisse der Fenster 11, 12, 13 miteinander verglichen.

20

(Figur 1)

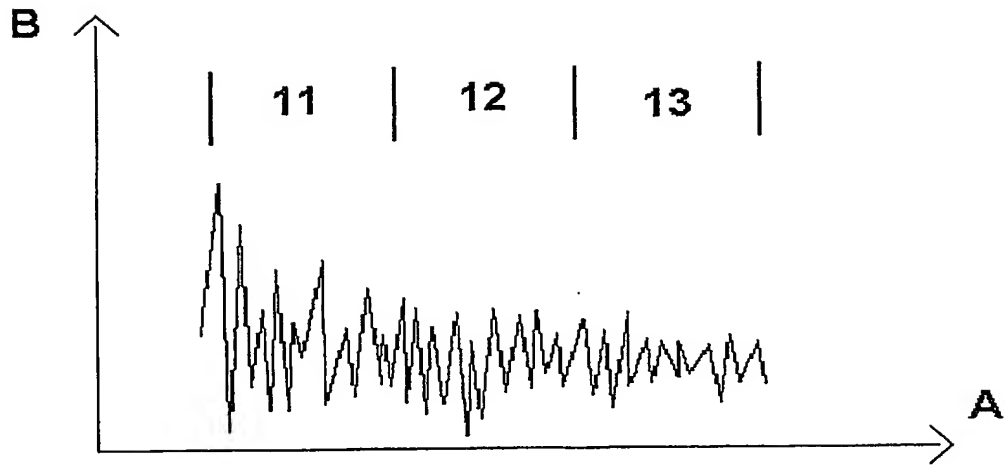


Fig.1

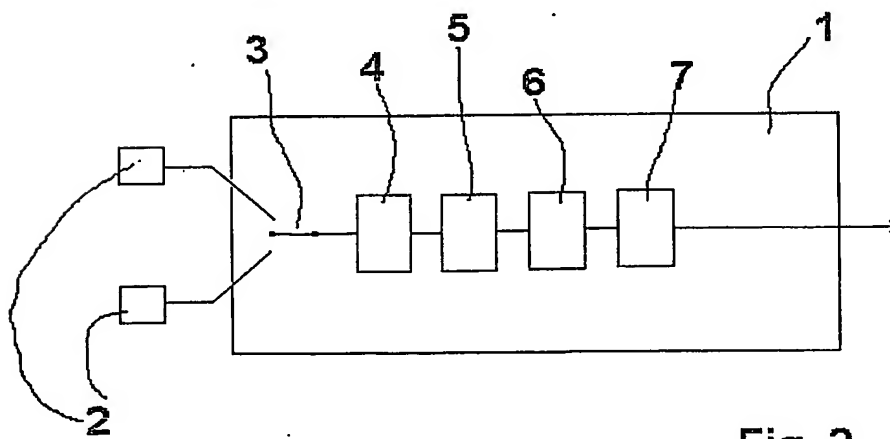


Fig. 2